

REC'D 15 AUG 2003

WIPO

PCT



**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung
einer Patentanmeldung**

Aktenzeichen:

102 47 977.1

Anmeldetag:

15. Oktober 2002

Anmelder/Inhaber:

ROBERT BOSCH GMBH, Stuttgart/DE

Bezeichnung:

Verfahren und System zur Überprüfung der
Funktionsfähigkeit eines Teilchendetektors

IPC:

G 01 N, F 02 D, F 01 N

**PRIORITY
DOCUMENT**

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 14. Juli 2003
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Agurke

BEST AVAILABLE COPY

01.10.2002

5

ROBERT BOSCH GMBH, 70442 Stuttgart

10 Verfahren und System zur Überprüfung der Funktionsfähigkeit
eines Teilchendetektors

15 Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und ein System zur
Überprüfung der Funktionsfähigkeit eines Teilchendetektors
unter Verwendung eines dem Teilchendetektor in
20 Strömungsrichtung vorgeschalteten Teilchenfilters. Darüber
hinaus betrifft die Erfindung ein hierfür geeignetes
Computerprogramm (-produkt).

Stand der Technik

25

Die Konzentration von Teilchen, insbesondere von
Rußteilchen bei Diesel-Verbrennungsmaschinen, wird häufig
mit elektrischen Methoden gemessen. Beispielsweise ist aus
der DE 198 53 584 A1 ein Sensor zur Detektion von
30 Rußpartikeln bekannt, der eine erste Hochspannungselektrode
und eine zweite Masseelektrode umfasst. Beim Betrieb wird
der Raum zwischen den Elektroden vom Abgas durchströmt,
wobei als Maß für die Konzentration von Rußpartikeln im
Abgas entweder diejenige elektrische Spannung, ab der

Funken zwischen den beiden Elektroden auftreten, oder aber bei konstantgehaltener elektrischer Spannung die Größe des zwischen den beiden Elektroden fließenden Ionisationsstroms herangezogen wird. Weitere Möglichkeiten sind das Aufladen
5 der Teilchen durch eine Ionisationsquelle, wie eine Koronaentladung, oder durch den Verbrennungsprozess selbst. Die geladenen Teilchen werden dann durch eine geeignete Detektorstruktur (Gitter) geführt und können ihre Ladung dort wieder abgeben. Der gemessene Strom ist somit ein Maß
10 für die von den Teilchen aufgenommene Ladung und bei bekanntem Ionisationsgrad der Teilchen auch ein Maß für die Anzahl der Teilchen, die den Detektor erreichen.

Ebenfalls können Teilchen, die nach einem der oben
15 beschriebenen Verfahren aufgeladen worden sind oder durch einen Verbrennungsprozess von allein aufgeladen werden, eine Ladungsverschiebung in einer Detektorstruktur durch Influenz hervorrufen, die ihrerseits nachgewiesen werden kann. Die bekannten Detektionsverfahren nutzen somit die
20 Messung kleiner Ströme oder Ladungsverschiebungen aus.

Aus verschiedenen Gründen (Erfüllung gesetzlicher Auflagen, Sicherheits- und Umweltaspekte) besteht der Bedarf, die oben genannten Detektionseinrichtungen auf ihre
25 ordnungsgemäße Arbeitsweise zu überwachen. Das gilt insbesondere, da die zu detektierenden Ladungen oder Ladungsverschiebungen sehr klein sind und Störungen einen ordnungsgemäßen Betrieb vortäuschen können.

30 Vorteile der Erfindung

Erfindungsgemäß werden bei der Regeneration des Teilchenfilters entstehende Partikel vom Teilchendetektor erfasst, und das resultierende Messergebnis wird mit einem

zu erwartenden Ergebnis verglichen. Insbesondere kann das vom Teilchendetektor während der Messung gelieferte Signal beispielsweise kontinuierlich mit einem zu erwartenden Signal verglichen werden.

5

Häufig werden Teilchenfilter in bestimmten Zeitabständen oder periodisch regeneriert, um die ursprüngliche Filterkapazität wieder herzustellen. Beispielsweise werden Rußfilter periodisch freigebrannt, um an dem Rußfilter haftende Rußpartikel durch Oxidationsprozesse bei hohen Temperaturen vom Filter zu lösen. Erfindungsgemäß wird nun während dieser Regenerationsphase durch den Teilchendetektor eine Messung ausgeführt. Die während der Regeneration entstehenden Partikel werden erfasst und das resultierende Messergebnis wird mit dem zu erwartenden Ergebnis verglichen. Bestehen deutliche Abweichungen des Messergebnisses bezüglich des zu erwartenden Ergebnisses stellt dies in der Regel einen deutlichen Hinweis darauf dar, dass der Teilchendetektor fehlerhaft ist.

20

Durch die Erfindung kann die Funktion des Teilchendetektors in periodischen Abständen immer dann überwacht werden, wenn es auf die eigentliche Funktion des Teilchendetektors nicht ankommt, da ja die Teilchenkonzentration nur bei Normalbetrieb gemessen werden soll. Somit stellt die Erfindung sicher, dass während des Normalbetriebs der Teilchendetektor unterbrechungsfrei arbeiten kann, und dass während der Filterregeneration gleichzeitig die Funktionsfähigkeit des Teilchendetektors überprüft werden kann. Hierzu kann das zu erwartende Ergebnis der Messung des Teilchendetektors aufgrund des Füllstands des Teilchenfilters und der Regenerationsbedingungen bestimmt werden. Der bei der Regeneration des Teilchenfilters entstehende Partikelstrom hängt in erster Linie vom

aktuellen Füllstand (Füllungsgrad) des Filters sowie von
den Bedingungen der Regeneration ab. Hieraus kann ein
Modell entwickelt werden, dass das zu erwartende Ergebnis
der Messung des Teilchendetektors während der Regeneration
5 bestimmbar macht.

Bei der Überprüfung der Funktionsfähigkeit von
Rußdetektoren unter Verwendung eines Rußfilters, der in
Strömungsrichtung dem Rußdetektor vorgeschaltet ist, und
10 der durch Freibrennen regeneriert werden kann, ist es
vorteilhaft, die während der Regeneration entstehenden
Ionen vom Rußdetektor zu erfassen. Derartige Rußdetektoren
arbeiten mit den bereits Eingangs beschriebenen
Messmethoden.

15

In diesem Zusammenhang ist es vorteilhaft, die Temperatur
in, am oder hinter dem Rußfilter zu messen und aus dem
Füllstand des Rußfilters und der gemessenen Temperatur das
zu erwartende Messergebnis oder Signal des Rußdetektors zu
20 bestimmen. Hierzu wird ein Füllstandsmodell des Rußfilters
erstellt und beispielsweise mit der gemessenen
Abgastemperatur hinter dem Rußfilter korreliert. Mit
steigender Abgastemperatur erhöht sich die Konzentration
der Ionen, die dem Detektor zugeführt werden. Dies erlaubt
25 einen Rückschluss auf das zu erwartende Ergebnis der
Messung des Rußdetektors, das dann mit dem aktuell
ermittelten Ergebnis verglichen werden kann.

Die Abweichung des zu erwartenden Signals/Messergebnis mit
30 dem gemessenen Signal/Messergebnis wird vorzugsweise mit
einem Grenzwert verglichen, bei dessen Überschreiten der
Detektor als fehlerhaft eingestuft wird.

Es kann vorteilhaft sein, die Regenerationsbedingungen während der Überprüfung der Funktionsfähigkeit des Teilchendetektors zu verändern, um zuverlässigere Aussagen zu erhalten. Beispielsweise kann die Temperatur beim
5 Freibrennen des Rußfilters erhöht werden, um eine höhere, aussagekräftigere Ionenkonzentration messen zu können. Wird beispielsweise eine Abgastemperatur von 500°C überschritten, so entstehen bei der Regeneration des Rußfilters Ionen im Abgasstrom auch nach dem Filter, wenn
10 dieser insgesamt die höhere Temperatur angenommen hat. Diese Ionen werden dann in höherer Konzentration auch dem nachgeschalteten Teilchendetektor zugeführt. Hierbei haben sich Temperaturen zwischen 600°C und 1.000°C für das Freibrennen als vorteilhaft erwiesen.

15 Wird ein bestimmter Temperaturbereich bei der Regeneration durchfahren, ohne dass die Ionenzahl anwächst, liegt mit hoher Wahrscheinlichkeit ein Detektorfehler vor.

20 Die Erfindung schlägt weiterhin ein System zur Überprüfung der Funktionsfähigkeit eines Teilchendetektors mit einem in Strömungsrichtung einem Teilchenfilter nachgeschaltetem Teilchendetektor vor, bei dem eine Steuer- und Auswerteeinrichtung vorgesehen ist, die während der
25 Regeneration des Teilchenfilters vom Teilchendetektor gelieferte Messergebnisse erfasst und mit zu erwartenden Ergebnissen vergleicht.

Weiterhin ist die Steuer- und Auswerteeinrichtung mit
30 Vorteil derart ausgelegt, dass mittels eines vorgegebenen Modells aus der aktuellen Filterbeladung (Filterfüllstand) und den jeweiligen Regenerationsbedingungen das zu erwartende Messergebnis bestimmt werden kann.

Bei der Regeneration eines Rußfilters durch Freibrennen besteht ein derartiges Modell einfach aus der Korrelation des Füllstands (Filterbeladung) des Rußfilters und der Abgas- oder Filtertemperatur während der Regeneration. Der
5 am Detektor gemessene Ionenstrom kann dann als Funktion dieser beiden Größen abgefasst werden. Ein solches Modell lässt sich beispielsweise empirisch ermitteln.

10 Es ist vorteilhaft, einen Temperatursensor in, am oder in Strömungsrichtung hinter den Teilchenfilter anzuordnen. Wird der Teilchenfilter durch Erhitzen oder Freibrennen regeneriert, liefert ein derartiger Temperatursensor einen wichtigen Parameter der Regenerierungsbedingungen.

15 Das genannte Verfahren lässt sich mittels eines Computerprogramms implementieren, das vorteilhaft in der genannten Steuer- und Auswerteeinrichtung zum Ablauf gebracht werden kann. Das Computerprogramm kann dafür sorgen, die jeweiligen Sensoren, wie den Teilchendetektor
20 oder den Temperatursensor, zur geeigneten Zeit anzusprechen, die entsprechenden Daten aufzunehmen und/oder zu speichern. Das Computerprogramm kann aus einem vorgegebenen hinterlegten Modell zu erwartende Messerergebnisse bestimmen und mit den aktuell gemessenen
25 Ergebnissen vergleichen. Abweichungen lassen sich in einfacher Weise mit vorgegebenen Grenzwerten vergleichen, woraus ein Rückschluss auf die Funktionsfähigkeit des Teilchendetektors gezogen werden kann. Ein solches Computerprogramm ist mit Vorteil auf der erwähnten Steuer-
30 und Auswerteeinrichtung ausführbar und kann für eine periodische Überprüfung der Funktionsfähigkeit des Teilchendetektors sorgen.

Das Computerprogramm kann auf geeigneten Datenträgern, wie EEPROMs, Flash-Memories, aber auch auf CD-ROMs, Disketten oder Festplattenlaufwerken gespeichert sein. Eine weitere Möglichkeit besteht im Herunterladen des Computerprogramms
5 beispielsweise über das Internet von einem externen Server.

Zeichnungen

Die Erfindung und ihre Vorteile werden nun in einem
10 Ausführungsbeispiel anhand der beigefügten Figur näher erläutert.

Die Figur zeigt in schematischer Darstellung ein System zur Überprüfung der Funktionsfähigkeit eines Teilchendetektors
15 gemäß Erfindung.

Bevorzugte Ausführungsform

Die vorliegende Erfindung wird am Beispiel eines
20 Rußdetektors 3 und eines Rußfilters 7 geschildert, die in einer Abgasleitung 1 eines Diesel-Verbrennungsmotors angeordnet sind. Die Figur zeigt die Strömungsrichtung 2 des Abgases in der Abgasleitung 1, den Rußfilter 7 sowie den nachgeschalteten Rußdetektor 3.

25

Der Rußdetektor 3 weist eine erste Elektrode 5 auf, welche über eine Leitung mit einer Hochspannungsquelle HV verbunden ist. Die zweite Elektrode 4 des Rußdetektors 13 ist zylindrisch ausgebildet und liegt auf Masse. Erste
30 Elektrode 5 und zweite Elektrode 4 sind coaxial zueinander angeordnet. Die zweite Elektrode 4 weist axiale Ausnehmungen 6 auf, durch die Abgas strömen kann. Mit der dargestellten Elektrodenanordnung kann ein Ionenstrom gemessen werden, der durch das Auftreffen geladener

Teilchen auf die Elektroden 4 und 5 entsteht. Hierzu wird die Erdleitung und die Hochspannungsleitung in eine Steuer- und Auswerteeinheit 9 geleitet, in der anschließend die weitere Verarbeitung der Signale erfolgt.

5 Selbstverständlich kann die Hochspannungsversorgung auch außerhalb der Steuer- und Auswerteeinheit 9 erfolgen.

10 Weiterhin ist in Strömungsrichtung 2 hinter dem Rußfilter 7 ein Temperatursensor 8 angeordnet, dessen Signal ebenfalls der Steuer- und Auswerteeinheit 9 an dem mit T bezeichneten Eingang zugeführt wird.

Das in der Figur dargestellte System eignet sich zur Umsetzung des erfindungsgemäßen Verfahrens, bei dem immer
15 dann, wenn der Rußfilter 7 freigebrannt wird, eine Überprüfung der Funktionsfähigkeit des Rußdetektors 3 vorgenommen werden kann. Hierzu wird nach dem Starten des Regeneriervorgangs der Ionenstrom durch den Rußdetektor 3 aufgezeichnet. Der Ionenstrom nimmt im zeitlichen Verlauf
20 zu, wenn geladene Teilchen den Rußdetektor 3 passieren. Während dessen erfolgt mittels des Temperatursensors 8 eine Temperaturmessung. Während des Regenerierens steigt die Temperatur hinter und in Folge auch am Rußfilter 7, wobei sich gezeigt hat, dass bei erhöhten Temperaturen zwischen
25 600 und 1.000°C die Ionenkonzentration besonders geeignet ist, um die Funktionsfähigkeit des Rußdetektors 3 zu überprüfen.

Da die Ionenkonzentration mit steigender Temperatur
30 ansteigt, muss bei der Überprüfung des Rußdetektors 3 hiermit ein steigender Ionenstrom verbunden sein. Bleibt dieser aus, liegt mit hoher Wahrscheinlichkeit ein Detektorfehler vor.

Zum Start der Überprüfung der Funktionsfähigkeit wird ein Bit „prüffähig“ auf 1 gesetzt. Die Überprüfung erfolgt zusammen mit der Regenerierung des Rußfilters 7. Der vom Rußdetektor 3 während der Regenerier- bzw.

5 Überprüfungphase erhaltene Strom wird von der Steuer- und Auswerteeinheit 9 erfasst und mit einem Sollwert verglichen. Dieser Sollwert kann empirisch festgelegt werden, geeignet ist ein Modell, das den Sollwert anhand der gemessenen Temperatur und dem Füllgrad des Rußfilters 7
10 bestimmt. Unterschreitet der von Rußdetektor 3 gemessene Strom den Sollwert um eine festzulegende Grenze, kann der Rußdetektor 3 als fehlerhaft erkannt werden.

Start und Verlauf der Messung sowie die Auswertung erfolgt
15 vorzugsweise mittels eines Computerprogramms, das in der Steuer- und Auswerteeinrichtung 9 enthalten ist.

Die Erfindung erlaubt eine den Normalbetrieb nicht unterbrechende Überprüfung der Funktionsfähigkeit von
20 Teilchendetektoren, insbesondere Rußdetektoren, und erhöht somit die Zuverlässigkeit des Gesamtsystems, insbesondere die Arbeitsweise eines Diesel-Verbrennungsmotors.

01.10.2002

ROBERT BOSCH GMBH, 70442 Stuttgart

5

Patentansprüche

10

1. Verfahren zur Überprüfung der Funktionsfähigkeit eines Teilchendetektors (3) unter Verwendung eines dem Teilchendetektor (3) in Strömungsrichtung (2) vorgeschalteten Teilchenfilters (7),
15 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass bei der Regeneration des Teilchenfilters (7) entstehende Partikel vom Teilchendetektor (3) erfasst werden und das resultierend Messergebnis mit einem zu
20 erwartenden Ergebnis verglichen wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das zu erwartende Ergebnis der Messung des Teilchendetektors (3) aufgrund des Füllstands des
25 Teilchenfilters (7) und der Regenerationsbedingungen bestimmt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2 zur Überprüfung der Funktionsfähigkeit eines Rußdetektors (3) unter Verwendung
30 eines Rußfilters (7), der durch Freibrennen regeneriert werden kann, dadurch gekennzeichnet, dass während der Regeneration entstehende Ionen vom Rußdetektor (3) erfasst werden.

4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet,
dass die Temperatur in, am oder in Strömungsrichtung (2)
hinter dem Rußfilter (7) gemessen und aus dem Füllstand des
Rußfilters (7) und der gemessenen Temperatur das zu
5 erwartende Ergebnis der Messung des Rußdetektors (3)
bestimmt wird.

10 5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch
gekennzeichnet, dass die Abweichung von zu erwartendem
Ergebnis mit dem gemessenen Ergebnis bestimmt und mit einem
Grenzwert verglichen wird, bei dessen Überschreiten der
Teilchendetektor (3) als fehlerhaft eingestuft wird.

15 6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch
gekennzeichnet, dass während der Überprüfung der
Funktionsfähigkeit des Teilchendetektors (3) die
Regenerationsbedingungen verändert werden, insbesondere die
Temperatur in der Umgebung des Rußfilters (7) erhöht wird.

20 7. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 bis 6, dadurch
gekennzeichnet, dass zur Regeneration des Rußfilters (7)
die Temperatur in dessen Umgebung auf oberhalb von 500°C,
vorzugsweise auf 600 bis 1.000°C, erhöht wird:

25 8. System zur Überprüfung der Funktionsfähigkeit eines
Teilchendetektors (3) mit einem in Strömungsrichtung (2)
einem Teilchenfilter (7) nachgeschalteten Teilchendetektor
(3),
g e k e n n z e i c h n e t d u r c h ,
30 eine Steuer- und Auswerteeinrichtung (9), die während der
Regeneration des Teilchenfilters (7) vom Teilchendetektor
(3) gelieferte Messergebnisse erfasst und mit zu
erwartenden Ergebnissen vergleicht.

9. System nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuer- und Auswerteeinrichtung (9) derart ausgelegt ist, dass mittels eines vorgegebenen Modells aus dem aktuellen Füllstand des Filters und den jeweiligen
5 Regenerationsbedingungen ein zu erwartendes Messergebnis bestimmt werden kann.

10. System nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, dass ein Temperatursensor (8) in, an oder in
10 Strömungsrichtung (2) hinter dem Teilchenfilter (7) angeordnet ist.

11. Steuer- und Auswerteeinrichtung (9) für ein System nach einem der Ansprüche 8 bis 10.

15 12. Computerprogramm mit Programmcode-Mitteln, um alle Schritte eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 7 durchzuführen, wenn das Computerprogramm auf einem Computer oder einer entsprechenden Rechneinheit, insbesondere der
20 Steuer- und Auswerteeinrichtung (9) in einem System nach Anspruch 8, ausgeführt wird.

25 13. Computerprogrammprodukt mit Programmcode-Mitteln, die auf einem computerlesbaren Datenträger gespeichert sind, um ein Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7 auszuführen, wenn das Computerprogrammprodukt auf einem Computer oder einer entsprechenden Rechneinheit, insbesondere der Steuer- und Auswerteeinrichtung (9) in einem System nach Anspruch 8, ausgeführt wird.

01.10.2002

ROBERT BOSCH GMBH, 70442 Stuttgart

5

Verfahren und System zur Überprüfung der Funktionsfähigkeit
eines Teilchendetektors

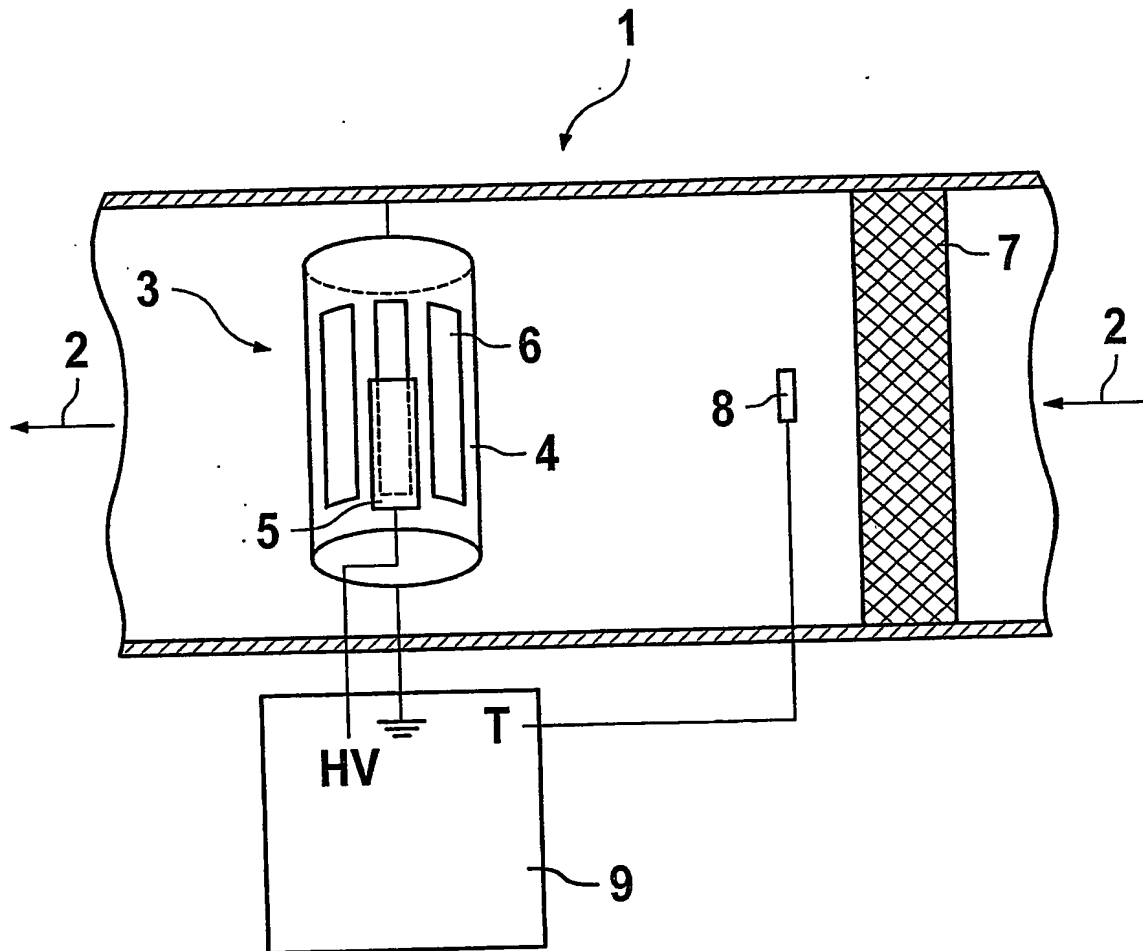
10

Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und ein System zur
Überprüfung der Funktionsfähigkeit eines Teilchendetektors
15 (3) mit einem in Strömungsrichtung (2) einem Teilchenfilter
(7) nachgeschalteten Teilchendetektor (3), wobei
vorgeschlagen wird, bei der Regeneration des
Teilchenfilters (7) entstehende Partikel, insbesondere
Ionen, vom Teilchendetektor (3) zu erfassen und das
20 resultierende Messergebnis mit einem zu erwartenden
Ergebnis zu vergleichen. Die Messung und Auswertung
erfolgen in der Steuer- und Auswerteeinrichtung (9). Die
Erfindung erlaubt eine den Normalbetrieb nicht
unterbrechende Überprüfung der Funktionsfähigkeit eines
25 Teilchendetektors (3) und erhöht somit die Zuverlässigkeit
des Gesamtsystems.

30 (Figur)

1 / 1



BEST AVAILABLE COPY